

PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA SOBRE CERÂMICAS AVANÇADAS

TECHNOLOGICAL PROSPECTING ON ADVANCED CERAMICS

Adalton Ferreira Guimaraes

Mestrando, Instituto Federal do Piauí, Brasil

E-mail: afg_360@hotmail.com

Jessica Karolyne de Sousa Passos

Mestrando, Instituto Federal do Piauí, Brasil

E-mail: karolyne-passos@hotmail.com

Humberto Santos Dias

Mestrando, Instituto Federal do Piauí, Brasil

E-mail: humberto.dias@ifpi.edu.br

Marcelo Alves de Mesquita

Mestrando, Instituto Federal do Piauí, Brasil

E-mail: colly.mesquita@gmail.com

Moisés Santos e Santos

Mestrando, Instituto Federal do Piauí, Brasil

E-mail: msestoss@hotmail.com

Roberto Arruda Lima Soares

Prof. Dr, Instituto Federal do Piauí, Brasil

E-mail: robertoarruda@ifpi.edu.br

Rafael Sales Almendra

Prof. Dr, Instituto Federal do Piauí, Brasil

E-mail: rafael.almendra@ifpi.edu.br

Recebido: 15/07/2025 – Aceito: 25/07/2025

Resumo

O artigo aqui estudado, tem como finalidade apresentar as tendências e avanços em relação às cerâmicas avançadas que também são conhecidas como cerâmicas técnicas, seus avanços tecnológicos e aplicações nas mais diversas áreas industriais e no campo da medicina. Buscando o máximo de relevância em nossa pesquisa, é que realizamos o levantamento bibliográfico no período dos anos 2000 a 2024, dado a importância do tema e os avanços tecnológicos para as aplicações das cerâmicas avançadas, para tal, utilizamos a plataforma de pesquisa de patentes ESPACENET. A

metodologia utilizando foi a pesquisa qualitativa e quantitativa, de modo em que pudemos levantar a evolução de solicitação de patentes sobre o tema. Por fim, é possível identificar a evolução das aplicações e técnicas aplicada a cerâmica avançada em especial a Biocerâmicas e Nanocerâmicas como tendências associadas às propriedades como, biocompatibilidade; resistência térmica e condutibilidade elétrica.

Palavras-chave: Cerâmica avançada; tecnologia; biocerâmica; nanocerâmica.

Abstract

This article aims to present trends and advances in advanced ceramics, also known as technical ceramics, their technological advancements, and applications in a wide range of industrial areas and medicine. Seeking maximum relevance in our research, we conducted a bibliographic survey covering the period 2000 to 2024, given the importance of the topic and the technological advances for advanced ceramics applications. To this end, we used the ESPACENET patent search platform. The methodology used was qualitative and quantitative research, enabling us to track the evolution of patent applications on the topic. Finally, we identified the evolution of applications and techniques applied to advanced ceramics, particularly bioceramics and nanoceramics, as trends associated with properties such as biocompatibility, thermal resistance, and electrical conductivity.

Keywords: Advanced ceramics; technology; bioceramics; nanoceramics.

1. Introdução

As cerâmicas avançadas, que também são chamadas de cerâmicas técnicas ou funcionais, formam uma categoria de materiais que possuem propriedades superiores em comparação com as cerâmicas tradicionais. Elas são amplamente utilizadas em aplicações industriais de alta tecnologia. Essas cerâmicas se destacam por características como alta dureza, resistência à abrasão, estabilidade química e térmica, baixa densidade, biocompatibilidade e uma excelente resistência à corrosão (DE FIGUEIREDO et al., 2020). Todas essas propriedades fazem desses materiais uma escolha estratégica para setores como o aeroespacial, biomédico, eletrônico, energético e automotivo (RAMANATHAN, 2021).

Segundo Matencio (2020), com os progressos nas tecnologias de processamento e caracterização de materiais, têm emergido novas formulações e usos para cerâmicas técnicas, incluindo desde implantes ortopédicos e sensores até revestimentos protetores, componentes eletrônicos e sistemas de propulsão. Além disso, é notável o aumento no uso de cerâmicas nanoestruturadas, biocerâmicas e eletrocerâmicas em dispositivos de alta precisão, assim como em tecnologias sustentáveis (GUIMARÃES, 2018).

Adicionalmente aos seus benefícios práticos, as cerâmicas de ponta sobressaem igualmente como uma escolha inteligente quando a preservação ambiental e o consumo otimizado de energia são cruciais (CANOSA, 2019). Materiais como o carbeto de silício (SiC) e a alumina (Al₂O₃) têm sido amplamente pesquisados devido às suas propriedades térmicas excepcionais e à sua capacidade de operar em altas temperaturas com baixo desgaste (BINNER, 2020).

Ultimamente, o progresso nas tecnologias de produção aditiva, a exemplo da impressão tridimensional, tem facilitado a produção de geometrias complexas em cerâmicas de ponta. Tal desenvolvimento tem incentivado o emprego desses materiais em equipamentos customizados e projetados especificamente, sobretudo nos setores da medicina e da aviação. Essa evolução não só ressalta a versatilidade desses materiais, mas também mostra como diferentes tecnologias inovadoras estão se unindo (LI, 2021).

Em um contexto como esse, a análise de tendências tecnológicas surge como algo crucial para acompanhar de perto e projetar ações inovadoras (AMPARO, 2022). Através da análise de patentes, conseguimos mapear as prospecções tecnológicas que estão surgindo, identificar os principais agentes inovadores, como empresas, universidades e institutos de pesquisa, e entender como se dá a dinâmica do desenvolvimento científico e tecnológico em uma área específica (FREITAS; MARINHO; BRITO, 2013; WIPO, 2025).

A avaliação de patentes não apenas expõe as últimas novidades tecnológicas, mas auxilia na descoberta de falhas e possibilidades de inovação, principalmente em nações como o Brasil, onde a atuação nesta área ainda é consideravelmente restrita. A modesta representação do Brasil em cadastros internacionais de cerâmica de ponta evidencia a necessidade premente de diretrizes governamentais que impulsionem a investigação prática e a salvaguarda do saber construído no país (MARTINS; COSTA, 2019).

Desse modo, neste artigo, realizou-se um estudo tecnológico sobre cerâmica avançada, utilizando patentes registradas na plataforma Espacenet, da European Patent Office (EPO), entre os anos de 2000 e 2024. O principal objetivo é identificar as tendências e inovações relacionadas a esses materiais, levando em conta fatores como a evolução ao longo do tempo, a distribuição geográfica, os principais depositantes, as classificações internacionais de patentes (IPC) e as áreas de aplicação.

O propósito desta pesquisa reside no aumento da relevância dos materiais cerâmicos de ponta para o setor industrial contemporâneo, juntamente com a urgência de perceber de que forma o saber técnico e científico é salvaguardado e guiado em âmbito mundial. A apreensão desse cenário é indispensável para fundamentar escolhas em estratégias de inovação, bem como para impulsionar colaborações entre polos de investigação e o meio empresarial.

Tendo isso em consideração, o presente estudo tem como objetivo enriquecer a percepção sobre o panorama tecnológico da cerâmica avançada, evidenciando a importância da inteligência de mercado por meio do estudo de patentes, e auxiliando no planejamento e na criação de novos compostos.

Assim, compreender o panorama mundial da inovação em cerâmicas avançadas é crucial para ajustar as estratégias de progresso tecnológico, formar parcerias de cooperação e impulsionar a competitividade do setor. A avaliação de patentes surge como um instrumento indispensável para orientar os investimentos em pesquisa, desenvolvimento e inovação, oferecendo um alicerce robusto para decisões estratégicas em instituições e no governo.

2. Metodologia

Adotou-se, para o presente trabalho, uma abordagem de pesquisa qualitativa e quantitativa, com ênfase na prospecção tecnológica por meio da análise de documentos de patente. Por essa análise, é possível mapear áreas com maior concentração de esforços em pesquisa, identificar tendências emergentes e os principais atores de inovação do campo tecnológico das cerâmicas.

A plataforma Espacenet, disponibilizada pelo Escritório Europeu de Patentes (European Patent Office - EPO), foi a fonte de coleta de dados utilizada para obter as informações presentes nesse trabalho, haja vista que é um sistema que oferece publicamente documentos de patente de muitos países acerca da temática da cerâmica avançada.

Por conseguinte, delimitou-se o período correspondido entre os anos 2000 e 2024 para a coleta de informações utilizando-se como palavras-chave os termos pertinentes ao tema estudado como *advanced ceramics*, *3D printing*, dentre outros.

A seleção das patentes observou os critérios de pesquisa que incluíssem as palavras-chave e o lapso temporal já destacado. Foram desconsideradas para serem analisadas nesta pesquisa temas impertinentes ao assunto, bem como patentes não datadas do intervalo de tempo de 2000 a 2024.

Além disso, a fase de análise dos dados considerou o uso de recursos de visualização gráfica como gráficos e tabelas com o objetivo de facilitar a compreensão e identificar padrões e lacunas a fim de serem pesquisadas posteriormente.

É possível também determinar tendências tecnológicas bem como de oportunidades para compreender melhor o cenário global da inovação nesse campo que ainda tem muito a oferecer para o avanço do desenvolvimento global.

Quadro 1. Resumo da metodologia.

QUADRO RESUMO DA METODOLOGIA ADOTADA	
ETAPAS	DESCRIÇÃO
Tipo de pesquisa	Pesquisa qualitativa e quantitativa voltada para a prospecção tecnológica.
Base de dados	Plataforma Espacenet
Critérios de inclusão	- Patentes publicadas entre 2000 e 2024. - Patentes relacionadas ao uso da cerâmica avançada.
Critérios de exclusão	- Patentes não relacionadas a cerâmica avançada. - Patentes não publicadas no período a ser estudado.
Coleta de dados	Busca feita por meio de descritores relacionados ao tema, como “cerâmica avançada”, <i>advanced ceramics</i> , <i>3D printing</i> e termos correlatos.
Análise dos dados	Organização dos dados em diferentes perspectivas:

	- Evolução temporal do número de registros. - Distribuição geográfica de Patentes. - Principais depositantes (Países, Empresas e Centros de Pesquisa). - Aplicação tecnológica.
Apresentação dos resultados	Os resultados obtidos foram apresentados por meio tabelas, gráficos e sínteses textuais acerca do tema.

Fonte: Autores, 2025.

3. Resultados

Os dados coletados no Espacenet permitiram a identificação de tendências relevantes no campo das cerâmicas avançadas, especialmente no período entre os anos de 2000 e 2024. Por meio da visualização gráfica e tabular dos resultados, foi possível observar um crescimento contínuo no número de depósitos de patentes, com destaque a partir da década de 2010, indicando uma intensificação da pesquisa e do desenvolvimento tecnológico na área.

Durante a pesquisa, constatou-se uma forte tendência de desenvolvimento em áreas como biocerâmicas, aplicadas na área da saúde (implantes ortopédicos, dentários e sistemas de liberação de fármacos), e cerâmicas estruturais, com aplicações na indústria aeroespacial e de defesa devido à sua alta resistência térmica e mecânica. Além disso, destaca-se o crescente número de patentes voltadas para nanocerâmicas, com propriedades otimizadas em escala nanométrica, e cerâmicas funcionais empregadas em dispositivos eletrônicos, sensores, catalisadores e sistemas de armazenamento de energia.

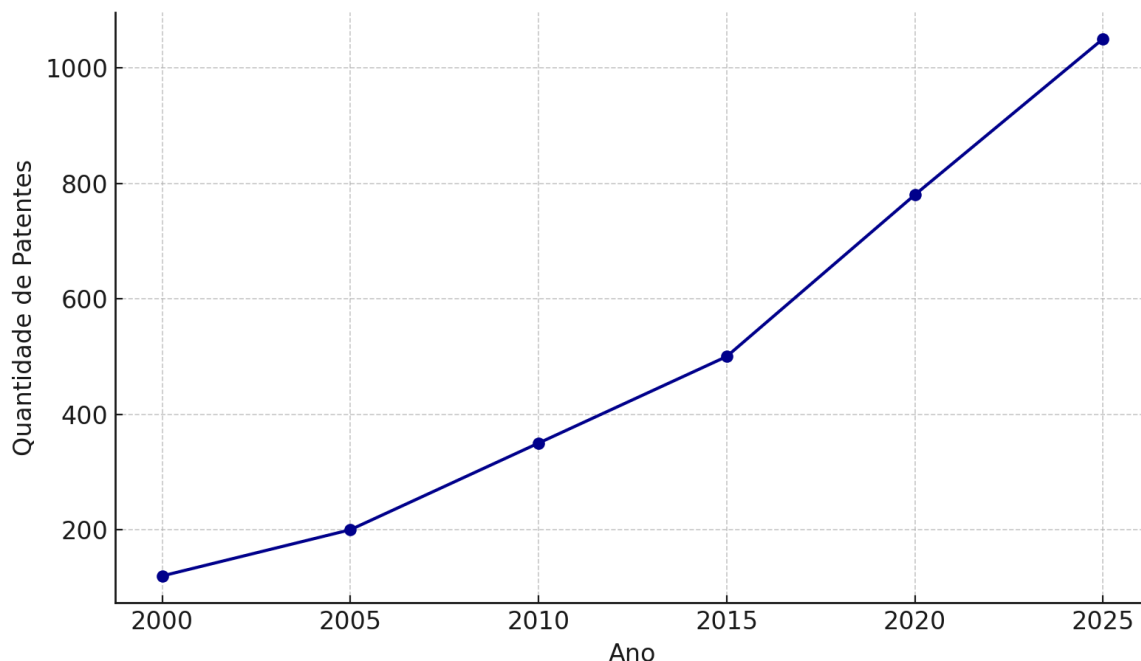
Os campos de pesquisa mostram que frequentemente as buscas por palavras-chave nas patentes evidenciaram a predominância de termos como 'nanopartículas', 'autolimpante', 'resistência térmica', 'condutividade elétrica' e 'biocompatibilidade', refletindo os principais focos tecnológicos da atualidade.

De modo contrário, a análise das lacunas tecnológicas, evidenciada por áreas com baixo número de patentes, indica a existência de oportunidades de pesquisa em aplicações sustentáveis, como o aproveitamento de resíduos cerâmicos ou o desenvolvimento de materiais de baixo impacto ambiental, campo ainda principiante, mas promissor.

É importante destacar que se verificou a concentração geográfica da inovação, com países como China, Estados Unidos, Japão e Alemanha liderando o número de registros. Isso sugere que esses países estão na vanguarda do desenvolvimento de tecnologias baseadas em cerâmicas avançadas e também representam polos estratégicos de pesquisa e aplicação.

Observa-se que durante as duas últimas décadas, o número de patentes cresceu significativamente, principalmente após 2010, indicando um interesse crescente nas aplicações dessas tecnologias em contextos industriais e sustentáveis, conforme se pode verificar no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Evolução da quantidade de patentes



Fonte: Autores, 2025.

Entre as patentes analisadas, destaca-se a de número CN201292637Y, que descreve uma cerâmica funcional com propriedades autolimpantes e alta absorção de radiação UV, com aplicação em fachadas de edifícios. Outro exemplo é a patente CN107032775A, que apresenta uma biocerâmica à base de hidroxiapatita reforçada com nanopartículas de zircônia para próteses ósseas.

Esses resultados confirmam o potencial das cerâmicas avançadas em diversos setores e continua sendo um campo fértil para a inovação, sobretudo quando alinhado a temas como sustentabilidade, redução de objetos cada vez menores e funcionalidade multifásica, que são tendências-chave do cenário científico e industrial contemporâneo, contribuindo para o desenvolvimento de novos materiais com maior desempenho, menor impacto ambiental e melhor custo benefício.

4. Conclusão

A presente pesquisa evidenciou a relevância das cerâmicas avançadas no cenário científico e tecnológico mundial, principalmente a partir da década de 2010, período em que se observou um aumento significativo no número de registros de patentes. As análises demonstraram que esses materiais vêm sendo aplicados de forma estratégica em diversos setores industriais, com destaque para as áreas biomédica, aeroespacial, eletrônica e energética, refletindo seu potencial diverso e inovador.

As biocerâmicas, nanocerâmicas e cerâmicas funcionais surgem como vertentes promissoras, sendo associadas a propriedades como biocompatibilidade, resistência térmica, condutividade elétrica e desempenho em ambientes extremos. A identificação dessas tendências tecnológicas, por meio de prospecção de patentes, permite mapear o progresso da pesquisa e localizar lacunas que representam oportunidade para investigações.

Observou-se também uma concentração geográfica da inovação em países como China, Estados Unidos, Japão e Alemanha, o que indica a necessidade de incentivos e investimentos que fortaleçam o papel de países como o Brasil nesse campo tecnológico. A análise de patentes se mostra, portanto, uma ferramenta importante para nortear decisões ciência, tecnologia e inovação, subsidiando o planejamento de ações coordenadas entre universidades, centros de pesquisa e indústria.

Conclui-se que a análise de dados de patentes é importante para fomentar a competitividade industrial, prever movimentos do mercado e impulsionar o desenvolvimento de novos materiais cerâmicos com alto valor agregado que estejam alinhados às demandas tecnológicas, econômicas e ambientais da atualidade.

Referências

1. AMPARO, Keize Katiane dos Santos; RIBEIRO, Maria do Carmo Oliveira; GUARIEIRO, LÍlian Lefol Nani. Estudo de caso utilizando mapeamento de prospecção tecnológica como principal ferramenta de busca científica. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 17, p. 195-209, 2022.
2. CANOSA, Guilherme Augusto. Caracterização de cerâmicas a base de nitreto de silício para aplicações estruturais. 2019.
3. FREITAS, C. A. S.; MARINHO, G. A.; BRITO, E. P. Z. Prospecção tecnológica e gestão da inovação: uma proposta metodológica. *Revista de Administração e Inovação*, v. 10, n. 4, p. 46-66, 2013.
4. GUIMARÃES, A. F.; AMPARO, K. K. S. Prospecção tecnológica e inteligência competitiva: uma análise das bases de patentes. *Revista Gestão & Tecnologia*, v. 18, n. 3, p. 135-149, 2018.
5. DE FIGUEIREDO, Antonio Josa Marques Brenha. Cerâmica Avançada para Componentes Aeronáuticos: Fabrico e Caracterização Duma Matriz No Sistema ZrO₂-CaO-MgO-Al₂O₃. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade da Beira Interior (Portugal).
6. RAJ, R. *Ceramics Science and Technology*. John Wiley & Sons, 2013.
7. RAMANATHAN, S. (Ed.). *Thin film ceramic devices*. Springer Science & Business Media, 2021.
8. SINGH, R.; BHUSHAN, R.; SINGH, R. K. Applications of Advanced Ceramics: A Review. *International Journal of Engineering Research & Technology*, v. 9, n. 8, 2020.
9. LI, X.; ZHANG, B.; JIANG, D. Additive manufacturing of ceramic materials: Progress and challenges. *Ceramics International*, v. 47, n. 1, p. 1-12, 2021.
10. BINNER, Jon et al. Selection, processing, properties and applications of ultra-high temperature ceramic matrix composites, UHTCMCs—a review. *International Materials Reviews*, v. 65, n. 7, p. 389-444, 2020.
11. DUNN, J. S. et al. Thermal management using advanced ceramic materials. *Journal of Thermal Science*, v. 27, n. 2, p. 145-152, 2018.

12. MARTINS, G. B.; COSTA, F. A. Oportunidades tecnológicas em cerâmicas avançadas: um olhar para o Brasil. Revista Tecnologia e Sociedade, v. 15, n. 33, p. 80-95, 2019.
13. MATENCIO, Tulio. Importância dos materiais cerâmicos na nossa sociedade. Matéria (Rio de Janeiro), v. 25, n. 1, p. e-12602, 2020.
14. WIPO-World Intellectual Property Organization. IPC Classification.
Disponível em: <https://www.wipo.int/classifications/ipc/en/>. Acesso em: maio 2025.